

بررسی پایداری عملکرد دانه ژنوتیپ های سویا (*Glycine max L.*) از طریق تجزیه GGE بای پلات

Study on grain yield stability of soybean genotypes [*Glycine max (L.)* Merril] through GGE biplot analysis

حمیدرضا بابائی^{۱*}، نسرين رزمی^۲ و حسین سبزی^۳

۱. استادیار پژوهش بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مشهد، ایران، (نگارنده مسئول)
۲. استادیار پژوهش بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی اردبیل (پارس آباد مغان)، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، پارس آباد مغان، ایران
۳. کارشناس مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی لرستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، خرم آباد، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۹/۲۶ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۳/۱۲ - شناسانه برنمود رقمی: 10.22092/aj.2021.128787.1448

چکیده

بابائی، ح. ر.، رزمی، ن.، سبزی، ح.، . بررسی پایداری عملکرد دانه ژنوتیپ های سویا (*Glycine max L.*) از طریق تجزیه GGE بای پلات

پژوهش های کاربردی زراعی دوره ۳۴ - شماره ۱- پیاپی ۱۳۰ بهار ۱۴۰۰ صفحه: ۳۹-۵۴

گزینش ژنوتیپ های مطلوب با عملکرد و پایداری بالا هدف نهائی اغلب برنامه های اصلاحی سویا است. این تحقیق با هدف بررسی سازگاری و پایداری عملکرد دانه ۲۰ لاین خالص سویا همراه با رقم شاهد ویلیامز (۲۱ ژنوتیپ) طی دو سال زراعی (۱۳۹۵-۱۳۹۴) در مناطق کرج، مغان و خرم آباد انجام گردید. کلیه آزمایشات در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا گردید و جهت تعیین سازگاری و پایداری عملکرد از روش تجزیه GGE بای پلات استفاده شد. تجزیه واریانس مرکب بیانگر اثرات معنی دار ژنوتیپ و ژنوتیپ × محیط در سطح احتمال ۱ درصد بود. مولفه های اصلی اول و دوم تجزیه GGE بای پلات به ترتیب ۴۷٪ و ۲۸٪ از واریانس اثر متقابل ژنوتیپ × محیط و ژنوتیپ ($G \times E + G$) را بخود اختصاص دادند براساس معیار بای پلات ژنوتیپ (L12/ G6 Williams x Katool) با عملکرد ۳۵۱۴ کیلوگرم در هکتار در کوتاه ترین فاصله از ژنوتیپ ایده آل قرار گرفت و به عنوان مطلوب ترین ژنوتیپ شناخته شد و پس از آن ژنوتیپ (G4 (L12/Williams x Katool) با عملکرد ۳۵۲۲ کیلوگرم در هکتار در جایگاه دوم قرار گرفت. در این بررسی همچنین یک محیط کلان مشخص گردید که شامل دو محیط E1 (کرج ۱۳۹۴) و E3 (مغان ۱۳۹۴) بود. همچنین محیط E4 (مغان ۱۳۹۵) نزدیک ترین محیط به محیط ایده آل و از حیث توان تمایز بین ژنوتیپ ها و نمایندگی محیط هدف موثرترین محیط بود و پس از آن از حیث مطلوبیت محیط های E2 (کرج ۱۳۹۵)، E1 (کرج ۱۳۹۴)، E3 (مغان ۱۳۹۴) و E5 (خرم آباد ۱۳۹۴) به ترتیب در رتبه های بعدی قرار گرفتند.

واژه های کلیدی: اثر متقابل ژنوتیپ × محیط، ژنوتیپ، مطلوب، ژنوتیپ ایده آل، محیط کلان، محیط مطلوب

مقدمه :

سویا (*Glycine max*) به عنوان یکی از گیاهان روغنی مهم با دامنه وسیع سازگاری در مناطق مختلف جهان از جمله ایران مورد کشت و کار قرار می گیرد. در اغلب مزارعی که در ایران به زیر کشت سویا می روند از ارقام تجارتي استفاده می شود که محصول برنامه های به نژادی داخل کشور است. در این برنامه ها پس از اینکه تعداد زیادی ژنوتیپ مطلوب بر اساس عملکرد و خصوصیات مهم زراعی طی نسل های در حال تفرق خالص سازی و مورد گزینش قرار گرفتند در قالب یک آزمایش مقدماتی برترین لاین های امیدبخش از نظر عملکرد و دوره رشد انتخاب می شوند. در مرحله بعد لاین های انتخابی جهت تعیین سازگاری در چند منطقه و طی چند سال مورد ارزیابی قرار می گیرند تا بهترین لاین از نظر عملکرد و پایداری بالا به عنوان رقم جدید زراعی جهت منطقه هدف معرفی شود. وجود اثر متقابل ژنوتیپ × محیط برای صفات کمی نظیر عملکرد دانه باعث می شود که ژنوتیپ ها نتوانند در محیط های مختلف عملکرد نسبی مشابهی داشته باشند (Gurmu et al., 2009). روش های آماری بسیاری نظیر تجزیه واریانس، رگرسیون و روش های ناپارامتری برای برآورد اثرهای اصلی ژنوتیپ، محیط، اثر متقابل ژنوتیپ × محیط و تعیین سازگاری ارقام مورد استفاده قرار گرفته است (Eberhart & Rusel, 1966; Yates & Cochran, 1956; Finlay & Wilkinson, 1963). در بسیاری از این روش ها برخی از فرضیات اساسی تجزیه پایداری صادق نیست که از این بین می توان به واکنش

غیرخطی ژنوتیپ و محیط و وابستگی متغیر مستقل یا شاخص محیطی به متغیر تابع (میانگین ژنوتیپ ها) اشاره نمود (Basford & Cooper, 1998). با استفاده از روش های چند متغیره از جمله مولفه های اصلی و روش امی (AMMI) می توان اثر متقابل ژنوتیپ × محیط را تجزیه و مقادیر هر جزء را برآورد نمود (Silveira et al., 2009; Pacheco et al., 2016). در بررسی سازگاری و پایداری عملکرد دانه ۱۰ ژنوتیپ سویا در ۱۲ محیط در ایالت پرانا برزیل با استفاده از روش امی (AMMI) مشخص گردید که اثرات غیرافزایشی ۶۶٪ از واریانس کل را تشکیل داده که از این میزان ۴۳٪ مربوط به مولفه اصلی اول و ۲۳٪ مربوط به مولفه اصلی دوم امی بوده است. در این بررسی ژنوتیپ های SYN1059، SYN1163 و VMAX از عملکرد و سازگاری عمومی بالایی برخوردار بودند (Silveira et al., 2016). در بررسی سازگاری ۱۵ ژنوتیپ سویا در شش مکان از نواحی شرقی ایالت داکوتای جنوبی تجزیه امی (AMMI) نشان داد که اثرات ژنوتیپ و اثر متقابل ژنوتیپ × محیط برای سه صفت عملکرد دانه، روغن و پروتئین معنی دار بوده و ژنوتیپ ها رتبه های متفاوتی به لحاظ صفات مورد مطالعه در شش مکان داشتند. بر اساس نتایج حاصله از نظر عملکرد دانه ژنوتیپ های Hefty H12Y12 و Northstar 1325R2 و Northstar 1726NR2 و Hefty H19Y12، از نظر محتوی پروتئین دانه ژنوتیپ های Hefty H12Y12، SD 2172 و Northstar 1726NR2 و Northstar 1325R2 به لحاظ محتوی روغن دانه ژنوتیپ های Hefty

۱ Additive Main effects and Multiplicative Interaction

همبستگی آنها صفر و اگر این زاویه صفر درجه باشد همبستگی بین محیطها +1 و اگر ۱۸۰ درجه باشد همبستگی -۱ خواهد بود (Yan & Kang, 2003). در یک بررسی سازگاری در کانادا گزارش شده است که یکی از مناطق آزمایشی همبستگی بالایی با سایر مناطق داشته و لذا این منطقه از آزمایش‌های سازگاری حذف گردید (Yan & Rajcan, 2002). ویژگی مهم دیگر در بای پلات همبستگی بین محیطها طول بردار محیطی است که تقریبی از انحراف معیار درون هر محیط و نیز شاخصی برای "قابلیت تمایز"^۲ محیطها محسوب می‌شود، به طوری که بردارهای بلندتر دارای انحراف معیار بیشتر و در نتیجه قابلیت تمایز بیشتر هستند. محیطهای با قابلیت تمایز بالا توانایی بیشتری در تفکیک و شناسایی ژنوتیپ‌های برتر را خواهند داشت (Yan & Kang, 2003; Alake & Ariyo, 2012; Amira et al., 2013). یکی دیگر از ویژگی‌های مهم "نمایندگی"^۳ محیط آزمایشی از منطقه هدف است. در روش بای پلات زاویه بین بردار محیطی و محور مختصات محیط متوسط (AEC) معیاری برای تعیین میزان بیانگری محیط است. هر چقدر این زاویه کوچکتر باشد میزان بیانگری بیشتر بوده و محیط مورد نظر نماینده بهتری از منطقه هدف خواهد بود و برعکس. در روش بای پلات محیط ایده‌آل محیطی است فرضی که دارای حداکثر قابلیت تمایز و نمایندگی بوده و از نظر مکانی در مرکز دوایر هم مرکز بای پلات قرار دارد. میزان مطلوبیت

H12Y12، Nutech 6145 از سازگاری عمومی بالائی در مناطق مورد بررسی برخوردار بودند (Chaudhary & Wu, 2012). به اعتقاد بسیاری از به‌نژادگران گزینش ژنوتیپ‌ها بر اساس G یا GE بطور مجزا کافی نیست و گرچه که در بعضی از روش‌ها مانند روش امی (AMMI) این دو اثر به صورت مجزا مورد بررسی قرار می‌گیرند، اما بهتر است بررسی دو اثر بصورت توأم انجام شود (Kang, 1993; Akcura et al., 2011). در روش GGE بای پلات اثر اصلی ژنوتیپ (G) و اثر متقابل ژنوتیپ در محیط (GE) از هم تفکیک نشده و امکان بررسی دو اثر به شکل همزمان و بصورت نموداری فراهم می‌شود (Yan & Kang, 2003). روش GGE بای پلات از حیث تجزیه اثر "ژنوتیپ × محیط" از روش AMMI موفقتر و کارآمدتر است و اطلاعات مفیدی در خصوص ژنوتیپ‌ها و محیطهای تحت بررسی در اختیار به‌نژادگر قرار می‌دهد (Yan et al., 2007). اثر محیط در اکثر موارد بسیار بزرگ بوده و قابل بهره‌برداری نیست لذا حذف اثر محیط از داده‌ها و تمرکز بر اثر ژنوتیپ (G) و اثر متقابل "ژنوتیپ × محیط" (GE) مفید خواهد بود. در آزمایشات تعیین سازگاری و پایداری ارقام که در چندین سال و مکان اجرا می‌شود در روش GGE بای پلات می‌توان با تعیین همبستگی بین محیطها و با هدف کاهش هزینه آزمایشات محیطهای مشابه را شناسایی و برخی از آنها را حذف نمود. در این روش کسینوس زاویه بین بردارهای محیطی تقریبی از همبستگی بین محیطها است. زمانی که زاویه بین دو بردار محیطی ۹۰ درجه باشد

^۲ discriminating ability

^۳ representativeness

سازگاری ۳۶ ژنوتیپ سویا در سه مکان با عرض‌های جغرافیائی مختلف توسط تجزیه AMMI و روش نموداری GGE بای پلات نشان داد که اثرات محیط، ژنوتیپ و ژنوتیپ × محیط معنی‌دار هستند. سهم هر یک از اثرات به ترتیب ۹/۸٪، ۲۹٪ و ۴۷/۶٪ از واریانس کل بود. نمودار بای پلات بخوبی نحوه ارتباط محیط‌ها با یکدیگر و با ژنوتیپ‌ها را نشان داد و مولفه‌های اصلی اول و دوم به ترتیب ۴۵/۷ و ۳۸/۹ درصد از واریانس ناشی از ژنوتیپ و ژنوتیپ × محیط را توجیه نمودند. در این بررسی ژنوتیپ (G1 PS1539) بهترین ژنوتیپ به لحاظ عملکرد و پایداری تعیین شدند (Bhartiya et al., 2017). در بررسی حاضر ۲۰ لاین خالص سویا که از برنامه‌های مختلف به‌نژادی از سال ۱۳۸۶ تا ۱۳۹۲ در موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر در کرج بدست آمده بودند، پس از ارزیابی در آزمایش مقدماتی عملکرد دانه به‌عنوان لاین‌های خالص امیدبخش انتخاب شدند که به همراه رقم ویلیامز (شاهد) با هدف گزینش بهترین ژنوتیپ به‌عنوان یک رقم جدید زراعی جهت تعیین سازگاری و پایداری عملکرد طی دو سال زراعی ۱۳۹۵-۱۳۹۴ در سه منطقه کرج، مغان و خرم‌آباد مورد بررسی و ارزیابی قرار گرفتند.

مواد و روش‌ها

این تحقیق با هدف بررسی سازگاری و پایداری عملکرد دانه ۲۰ لاین خالص سویا به همراه رقم شاهد ویلیامز در دو منطقه کرج و مغان طی دو سال زراعی (۱۳۹۵-۱۳۹۴) و خرم‌آباد در یک سال زراعی (۱۳۹۴) در

محیط‌ها به وسیله فاصله آنها از محیط ایده‌آل سنجیده می‌شود (Yan & Kang, 2003). در پژوهشی به منظور ارزیابی کمی و کیفی اثرات متقابل ژنوتیپ × محیط روی عملکرد دانه ۳۲ ژنوتیپ سویا طی دو سال متوالی (۲۰۰۸ - ۲۰۰۷) در چهار مکان گزارش گردید که سهم واریانس محیطی ۲۵/۶٪، واریانس ژنوتیپی ۱۴/۹٪ و واریانس اثر متقابل ژنوتیپ × محیط ۵۵/۶٪ بوده است. نتایج آزمایش همچنین بیانگر اثر متقابل معنی‌دار ژنوتیپ × محیط از نوع متقاطع بود و دو مولفه اول (PC1) و دوم (PC2) به ترتیب ۴۱/۶٪ و ۲۱/۸٪ از میانگین مربعات GGE را بخود اختصاص دادند. در این بررسی ژنوتیپ‌های TGX-1998-29 F، TGX-849-313D و TGX-1889-29F با توجه به عملکرد و پایداری به عنوان ژنوتیپ‌های برتر مشخص شدند (Atnaf et al., 2013). در بررسی سازگاری ارقام کلزادر نه محیط گزارش گردید که ۷۹٪ از کل تغییرات مربوط به اثر محیط، ۹/۳٪ مربوط به اثر ژنوتیپ و ۱۱/۵٪ مربوط به اثر محیط × ژنوتیپ بوده است. بررسی بای پلات چندضلعی منجر به شناسائی شش ژنوتیپ برتر و دو محیط کلان شد و ژنوتیپ‌های مناسب برای هر محیط کلان نیز مشخص گردید. بررسی همزمان پایداری و عملکرد ژنوتیپ‌ها با استفاده از بای پلات مختصات محیط متوسط نیز نشان داد که هیبرید Hyola401 با بیشترین عملکرد ناپایدارترین ژنوتیپ و دو رقم Option 500 و Kristina با عملکردهای بالا و پایداری نسبی مطلوب‌ترین ژنوتیپ‌ها بودند (Poordad & Jamshid Mogaddam, 2013). بررسی

قبل از انجام تجزیه مرکب به منظور فراهم شدن شرایط همگنی واریانس‌های آزمایشی و توزیع نرمال داده‌های عملکرد از تبدیل $(\delta / (x - \mu))$ استفاده گردید و سپس آزمون یکنواختی واریانس‌ها توسط دو روش کوکران^۴ و هارتلی^۵ انجام شد (Hartly, 1950; Cochran, 1941). پس از احراز همگنی واریانس‌ها، تجزیه واریانس مرکب برای عملکرد دانه بر اساس داده‌های پنج محیط توسط نرم‌افزار آماری MSTATC و جهت تعیین پایداری از روش تجزیه GGE بای پلات توسط نرم‌افزار Payne et al., (Genstat 12) 2009 انجام گردید.

نتایج و بحث

آزمون یکنواختی واریانس‌های آزمایشی به دو روش "کوکران و هارتلی" بیانگر همگنی واریانس خطاهای آزمایشی و مجاز بودن تجزیه واریانس مرکب بود (Cochran, 1941; Hartley, 1950). تجزیه واریانس مرکب پنج محیط نشان داد که اثرات ژنوتیپ و اثر متقابل ژنوتیپ × محیط در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بودند (جدول ۲). مولفه‌های اصلی اول و دوم تجزیه GGE بای پلات به ترتیب ۴۷٪ و ۲۸٪ و در مجموع ۷۵٪ (سه چهارم) از واریانس اثر متقابل ژنوتیپ × محیط و اثر ژنوتیپ (G × E) را بخود اختصاص دادند (جدول ۲). میانگین عملکرد دانه ژنوتیپ‌های مورد بررسی در محیط‌های آزمایشی و میانگین کل عملکرد ژنوتیپ‌ها در جدول ۳ ذکر شده است. بر اساس نتایج حاصل محیط E1 (کرج ۱۳۹۴) با متوسط

مجموع پنج محیط آزمایشی اجرا شد (جدول ۱). بر اساس شاخص‌های اقلیمی کرج دارای آب و هوای سرد و خشک، مغان دارای آب و هوای نیمه مرطوب و معتدل و خرم‌آباد نیمه مرطوب و گرم است (جدول ۱). جهت اجرای آزمایش‌ها در اوایل خرداد عملیات زراعی شامل شخم، دیسک، لولر و کوددهی به میزان ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره (۵۰ کیلوگرم قبل از کاشت و ۵۰ کیلوگرم بصورت سرک)، ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار فسفات آمونیم و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم در هر سه منطقه انجام گردید و سپس نقشه آزمایش براساس طرح بلوک‌های کامل تصادفی ۲۱ تیماری با ۳ تکرار پیاده شد به گونه‌ای که هر بلوک شامل ۲۱ کرت و هر کرت ۴ ردیف ۴ متری با فواصل بین ردیف ۶۰ سانتی‌متر بود. پس از پیاده نمودن نقشه آزمایش در نیمه خرداد اقدام به کشت بذور لاین‌های مورد بررسی در کرت‌های مربوطه گردید. در طول دوره رشد مراقبت‌های زراعی لازم شامل تنک کردن با فاصله بین بوته‌ای ۵ تا ۸ سانتی‌متر، وجین علف‌های هرز و مبارزه با آفت تریپس (با سم دیازینون به میزان یک لیتر در هکتار) و آبیاری بر اساس نیاز گیاه در مراحل مختلف رشد و نمو گیاه انجام شد. جهت برآورد عملکرد دانه در زمان رسیدن محصول نیم متر از ابتدا و انتهای هر کرت به اضافه دو ردیف حاشیه‌ای حذف و بقیه کرت معادل ۳/۶ متر مربع برداشت و پس از توزین به عنوان عملکرد هر کرت ثبت گردید. تجزیه واریانس ساده و مقایسه میانگین به روش دانکن برای پنج محیط انجام گردید.

۴ Cochran

۵ Hartley

و کمترین عملکرد دانه به میزان ۱۶۶۰ کیلوگرم در هکتار مربوط به ژنوتیپ G19 بود. در محیط E5 (خرم آباد ۱۳۹۴) بیشترین عملکرد دانه به ژنوتیپ های G12 با ۴۳۱۸ کیلوگرم در هکتار و G20 با ۳۷۶۹ کیلوگرم در هکتار و کمترین عملکرد دانه به میزان ۲۵۸۶ کیلوگرم در هکتار به ژنوتیپ G21 (شاهد) اختصاص یافت. بر اساس میانگین پنج محیط ژنوتیپ G4 با ۳۵۲۲ کیلوگرم در هکتار و ژنوتیپ G6 با ۳۵۱۴ کیلوگرم در هکتار بیشترین عملکرد بودند. در حالیکه رقم ویلیامز به عنوان شاهد دارای ۲۷۹۳ کیلوگرم در هکتار بود (جدول ۳). شکل ۱ نمای پنج ضلعی پراکنش ژنوتیپ ها را بر اساس دو محور مختصات محیطی و عملکردی نشان می دهد. در این چند ضلعی پنج ژنوتیپ G1، G4، G12، G18 و G19 در رئوس چند ضلعی قرار گرفته اند که بیشترین فاصله را از مرکز چند ضلعی دارند و دارای بلندترین بردارها در بین ژنوتیپ های مورد بررسی می باشند و از این حیث در زمره ژنوتیپ های واکنش پذیر به محیط قرار می گیرند (شکل ۱). در این نمودار بر هر ضلع چند ضلعی یک خط عمود کشیده شده که آنرا به پنج بخش تقسیم می کند و هر بخش با نام ژنوتیپ راس مربوطه مشخص می شود. بر این اساس G1 به عنوان بهترین ژنوتیپ در محیط های E1 و E3 واقع در بخش G1 محسوب می شود. به همین ترتیب ژنوتیپ G4 واقع در رأس دیگر چند ضلعی در محیط E2 بخش G4، ژنوتیپ G18 در محیط E4 بخش G18 و ژنوتیپ G12 در محیط E5 بخش G12 به عنوان بهترین ژنوتیپ ها محسوب می شوند. ژنوتیپ G19 که در یکی از

عملکرد ۲۳۷۵ کیلوگرم در هکتار دارای کمترین و محیط E2 (کرج ۱۳۹۵) با متوسط عملکرد ۳۴۰۱ کیلوگرم در هکتار دارای بیشترین عملکرد در بین محیط های آزمایشی بودند. همچنین محیط های E1 (کرج ۱۳۹۴)، E3 (مغان ۱۳۹۴) و E5 (خرم آباد ۱۳۹۴) با توجه به اینکه عملکردهای کمتر از متوسط کل محیطی داشتند، می توان گفت دارای اثر متقابل منفی با ژنوتیپ ($i_{ge} -$) بوده اند و محیط های E4 (مغان ۱۳۹۵)، E2 (کرج ۱۳۹۵) که دارای عملکردهای بیشتر از متوسط کل محیطی بودند، می توان گفت دارای اثر متقابل مثبت با ژنوتیپ ($i_{ge} +$) بوده اند. در محیط E1 (کرج ۱۳۹۴) بیشترین عملکرد دانه به ترتیب مربوط به ژنوتیپ G4 با ۳۲۵۸ کیلوگرم در هکتار، G1 با ۳۲۰۹ کیلوگرم در هکتار و G10 با ۲۹۹۳ کیلوگرم در هکتار و کمترین عملکرد دانه مربوط به ژنوتیپ G12 به میزان ۱۱۵۳ کیلوگرم در هکتار بود. در محیط E2 (کرج ۱۳۹۵) بیشترین عملکرد دانه به ژنوتیپ های G1 با ۴۱۹۲ کیلوگرم در هکتار، G5 با ۴۰۱۵ کیلوگرم در هکتار و G4 با ۳۹۶۳ کیلوگرم در هکتار و کمترین عملکرد دانه به ژنوتیپ G11 به میزان ۲۶۹۷ کیلوگرم در هکتار اختصاص یافت. در این محیط E3 (مغان ۱۳۹۴) بیشترین عملکرد دانه به ژنوتیپ های G20 با ۳۸۲۹ کیلوگرم در هکتار و G7 با ۳۶۲۴ کیلوگرم در هکتار و کمترین عملکرد دانه به ژنوتیپ G13 با ۲۳۲۸ کیلوگرم در هکتار اختصاص پیدا کرد. در محیط E4 (مغان ۱۳۹۵) بیشترین عملکرد دانه به ژنوتیپ های G18 با ۴۹۵۳ کیلوگرم در هکتار و G6 با ۴۷۱۸ کیلوگرم در هکتار اختصاص یافت

G1 و G2 با عملکردی بیش از میانگین کل جزء ناپایدارترین ژنوتیپ‌ها بودند و در نهایت ژنوتیپ‌های G12، G19، G13، G20 و G21 علاوه بر ناپایداری، عملکرد پائینی هم داشتند (شکل ۲). در بررسی ۳۳ ژنوتیپ گندم زمستانه در هشت محیط گزارش شده است که تصویر ژنوتیپ‌ها روی محور مختصات محیط متوسط (AEC) برآورد مطلوبی از عملکرد ژنوتیپ‌ها بدست می‌دهد. همبستگی بین عملکرد واقعی و برآورد آن از طریق بای‌پلات ۰/۹۸ اعلام شده است (Yan, 2000). شکل ۳ نمودار بای‌پلات ژنوتیپ ایده‌آل را نشان می‌دهد. ژنوتیپ ایده‌آل ژنوتیپی فرضی است که دارای بیشترین عملکرد و پایداری بوده و از نظر مکانی در مرکز دوایر هم‌مرکز قرار می‌گیرد. میزان مطلوبیت ژنوتیپ‌ها به فاصله آنها از ژنوتیپ ایده‌آل بستگی دارد. هر اندازه فاصله یک ژنوتیپ از ژنوتیپ ایده‌آل کمتر باشد مطلوبیت آن بیشتر و هر اندازه این فاصله بیشتر باشد مطلوبیت آن کمتر خواهد بود. در این تحقیق مقایسه ژنوتیپ‌های مورد بررسی با ژنوتیپ ایده‌آل نشان داد که ژنوتیپ G6 با عملکرد ۳۵۱۴ کیلوگرم در هکتار در کوتاه‌ترین فاصله از ژنوتیپ ایده‌آل قرار گرفته و بنابراین مطلوب‌ترین ژنوتیپ و پس از آن ژنوتیپ G4 با عملکرد ۳۵۲۲ کیلوگرم در هکتار دارای بیشترین مطلوبیت بوده و در جایگاه دوم قرار گرفت. در برخی منابع مفهوم پایداری را به‌تنهایی فاقد ارزش و اعتبار دانسته و فقط به‌عنوان یک عامل تعدیل‌کننده عملکرد از آن یاد نموده‌اند (Kang, 1993). Yan, 1993 معیار تعیین شده بوسیله GEI فقط هنگامی مفید است

رئوس چند ضلعی واقع شده است چون هیچ محیطی در محدوده بخش مربوطه قرار نگرفته است در هیچ یک از محیط‌ها عملکرد بالایی ندارد (شکل ۱) و بالاخره ژنوتیپ‌های G2، G3، G5، G6، G7، G8، و G14 که در داخل چندضلعی واقع شده‌اند با داشتن عملکرد متوسط در اغلب محیط‌ها واکنش تقریباً یکسانی به کلیه محیط‌ها نشان دادند و در زمره ارقام واکنش‌ناپذیر به محیط به حساب می‌آیند (شکل ۱). نمودار بای‌پلات شکل ۲ امکان بررسی همزمان عملکرد و پایداری ژنوتیپ‌ها را فراهم می‌سازد. در این نمودار محور افقی فلش‌دار که از میانگین محیطی (دایره کوچک) و مبداء مختصات می‌گذرد محور مختصات محیط متوسط (AEC) نامیده می‌شود و تصویر ژنوتیپ‌ها روی این محور تقریبی از عملکرد ژنوتیپ (G) است. محور عمودی بیانگر اثر متقابل ژنوتیپ × محیط (GEI) بوده و پایداری رقم را نشان می‌دهد. هر اندازه تصویر ژنوتیپ روی این محور طول‌تر باشد ناپایداری آن بیشتر و هر اندازه کوتاه‌تر باشد پایداری آن بیشتر خواهد بود. بر اساس شکل ۲ بیشترین عملکرد دانه به ترتیب مربوط به ژنوتیپ‌های G4، G6 و G18 بود. در بین سه ژنوتیپی که از عملکرد بالایی برخوردار بودند ژنوتیپ G4 با داشتن طول تصویر کوتاه‌تر از پایداری بیشتری برخوردار بود و ژنوتیپ‌های G18 و G6 از این حیث در رتبه‌های بعدی قرار گرفتند (شکل ۲). ژنوتیپ‌های G3، G5، G14، G16، G17، G9 و G11 با وجود پایداری مطلوب، عملکردی در حد میانگین کل یا کمتر داشتند. از طرف دیگر ژنوتیپ‌های G7، G15،

بود که در شکل ۱ نشان داده شده است. شکل ۴ نمودار بای پلات همبستگی محیطی را نشان می دهد. زاویه بین بردارهای محیطی تقریبی از همبستگی بین محیطها است و طول بردار برآوردی از انحراف معیار درون هر محیط و شاخصی برای قابلیت تمایز محیطها است. از طرف دیگر زاویه هر بردار محیطی با محور مختصات محیط متوسط، معیاری برای تعیین میزان نمایندگی آن محیط است. بر اساس نمودار شکل ۴ محیطهای E1 (کرج ۱۳۹۴) و E3 (مغان ۱۳۹۴) با یکدیگر همبستگی بالا و نزدیک یک داشتند. همبستگی E1 (کرج ۱۳۹۴) و E3 (مغان ۱۳۹۴) با E2 (کرج ۱۳۹۵) مثبت ولی کمتر از یک، همبستگی E1 (کرج ۱۳۹۴) و E3 (مغان ۱۳۹۴) با E4 (مغان ۱۳۹۵) در حد صفر (زاویه ۹۰ درجه) و همبستگی E1 (کرج ۱۳۹۴) و E3 (مغان ۱۳۹۴) با E5 (خرم آباد ۱۳۹۴) -۱ (زاویه ۱۸۰ درجه) بود (شکل ۴). همبستگی بالای دو محیط E1 (کرج ۱۳۹۴) و E3 (مغان ۱۳۹۴) با یکدیگر با قرار گرفتن در یک محیط کلان در شکل ۱ نیز قابل انتظار و تائید می باشد (شکل ۱). از طرف دیگر در این بررسی طول بردار محیطهای E1 (کرج ۱۳۹۴) و E4 (مغان ۱۳۹۵) بلندتر از سایر محیطها بود و لذا از قابلیت تمایز بیشتری برخوردار بودند و بیشترین توانایی را در تشخیص ژنوتیپهای برتر داشتند. در حالیکه محیطهای E2 (کرج ۱۳۹۵) و E5 (خرم آباد ۱۳۹۴) با داشتن بردارهای کوتاهتر توان تمایز کمتری داشتند و بالاخره محیط E3 (مغان ۱۳۹۴) نسبت به سایر محیطها کوتاهترین بردار را داشت و بنابراین از توان اندکی در شناسائی

که همراه با میانگین عملکرد ژنوتیپ (G) در نظر گرفته شود. پایداری یک مضر بدون بعد است که رقم با عملکرد زیاد را بهتر و رقم با عملکرد پائین را ضعیف تر نمایان می سازد (Yan *et al.*, 2003). برخی گزارشات حاکی از پائین بودن وراثت پذیری پایداری نسبت به عملکرد است (Eskridge, 1996). در نمودار شکل ۳ سایر ژنوتیپها به ترتیب G5، G14، G16، G15، G1، G00 و G19 از مطلوبیت کمتری برخوردار بودند. گزارش شده است که رتبه بندی ژنوتیپها بر اساس عملکرد و پایداری که به وسیله فاصله ژنوتیپها از رقم ایده آل در بای پلات GGE تعیین می شود همبستگی بالائی (۰.۹۷) با رتبه بندی حاصل از آماره پایداری عملکرد کنگ (Ysi) دارد (Kang, 1993).

با مراجعه مجدد به نمودار ۱ می توان یک محیط کلان را مشاهده نمود که شامل دو محیط E1 (کرج ۱۳۹۴) و E3 (مغان ۱۳۹۴) بود و سه محیط E2، E4 و E5 در قالب هیچ محیط کلان قرار نگرفتند (شکل ۱). بطور کلی دو معیار برای تشکیل محیطهای کلان پیشنهاد شده است. اول اینکه واکنش ارقام برتر در محیطهای مختلف یکسان نباشد و دوم اینکه تنوع بین گروهی محیطها بطور معنی داری بیش از تنوع درون گروهی باشد. در واقع این دو شرط معیارهای عمومی برای خوشه بندی محیطها خواهند بود (Gauch & Zoble, 1996). در روش نموداری GGE بای پلات محیطهای کلان باید شامل گروههایی از محیطهای آزمایشی باشند که در بای پلات از هم جدا شده اند. در این تحقیق این دو معیار فقط در مورد دو محیط E1 و E3 صادق

نتیجه گیری

در تجزیه GGE بای پلات با توجه به اینکه هر دو عامل ژنوتیپ و اثر متقابل ژنوتیپ × محیط را برای تعیین سازگاری و پایداری مورد توجه قرار می‌گیرد، روشی کارآمد برای گزینش ژنوتیپ‌های مطلوب با پتانسیل عملکرد بالا و پایداری قابل قبول می‌باشد. در این تحقیق با استفاده از این روش دو ژنوتیپ (L12/ G6 و Williams × Katool) و (Williams × Katool) به‌عنوان مطلوب‌ترین ژنوتیپ‌ها شناخته شدند. از طرف دیگر دامنه تغییرات عملکرد ژنوتیپ‌ها بر مبنای میانگین پنج محیط ۹۴۱ کیلوگرم در هکتار بود که نشان داد ژنوتیپ‌های مورد بررسی به لحاظ عملکرد تفاوت‌های قابل ملاحظه‌ای با یکدیگر دارند. همچنین تفاوت حداکثر تا حداقل عملکرد محیط‌ها ۹۸۲ کیلوگرم در هکتار بود که بیانگر تفاوت قابل ملاحظه بین محیط‌های آزمایشی و تنوع کافی

و تشخیص ژنوتیپ‌های برتر برخوردار بود (شکل ۴). همچنین زاویه بردارهای دو محیط E2 (کرج ۱۳۹۵) و E4 (مغان ۱۳۹۵) با محور مختصات محیط متوسط (دایره کوچک) کمتر از زاویه بردارهای سه محیط دیگر با محور مختصات محیط متوسط بود. به عبارت دیگر این دو محیط همبستگی مثبت بالائی با محیط متوسط داشتند و بنابراین نسبت به سایر محیط‌ها از قابلیت نمایندگی بیشتری از محیط هدف برخوردار بودند (شکل ۴). شکل ۵ نمودار بای پلات محیط ایده‌آل را نشان می‌دهد. محیط ایده‌آل محیطی است فرضی که دارای حداکثر قابلیت تمایز بین ژنوتیپ‌ها و نمایندگی از منطقه هدف باشد و از نظر مکانی در مرکز دوائر هم‌مرکز قرار دارد. میزان مطلوبیت محیط‌ها به فاصله آنها از محیط ایده‌آل بستگی دارد. بر این اساس محیط E4 (مغان ۱۳۹۵) نزدیک‌ترین محیط به محیط ایده‌آل بوده و از حیث تمایز و نمایندگی، موثرترین محیط بود. پس از آن به ترتیب محیط‌های E2 (کرج ۱۳۹۵)، E1 (کرج ۱۳۹۴)، E3 (مغان ۱۳۹۴) و E5 (خرم‌آباد ۱۳۹۴) از حیث مطلوبیت در رتبه‌های بعدی قرار گرفتند. محیط E1 (کرج ۱۳۹۴) گرچه از مطلوبیت کمتری نسبت به دو محیط E4 (مغان ۱۳۹۵) و E2 (کرج ۱۳۹۵) برخوردار بود اما بواسطه بردار بلند و قابلیت تمایز بالا می‌تواند در جهت گزینش منفی و حذف ژنوتیپ‌های ناپایدار از جمله G12، G13 و G20 مورد استفاده قرار گیرد.

جدول ۱- آماره های اقلیمی مناطق آزمایشی

Table 1. Climate parameters of the experimental locations

آماره Parameters	کرج Karaj	مغان Moghan	خرم آباد Khorramabad
ارتفاع (متر) Altitude (m)	1321	45	1155
عرض جغرافیایی Latitude	35.49 °N	39.30 °N	33.26 °N
طول جغرافیایی Longitude	51.06 °E	47.20 °E	48.17 °E
میانگین بارندگی سالیانه (میلی متر) Total Rainfall (mm)	240	300	499
میانگین حداکثر دما Average Temp °C (max)	28	34	25.3
میانگین حداقل دما Average Temp °C (min)	1	-0.7	9.1

جدول ۲- تجزیه واریانس مرکب عملکرد دانه لاین های خالص سویا در پنج محیط و دو سال زراعی

Table 2. Combined analysis of variance for seed yield of soybean Purelines in five environments and two cropping years

منابع تغییر Source of variance	درجه آزادی df	میانگین مربعات MS	آزمون کوکران Cochran Test (C Critical= 0.331)	آزمون هارتلی Hartley Test (F _{max} = 2.73)
کل Total	314	309.8	0.326 ^{ns}	2.53 ^{ns}
محیط Environment	4	0.00		
خطای آزمایشی Error	10	1.088		
ژنوتیپ Genotype	20	2.217		
محیط × ژنوتیپ Genotype x Year	80	1.837		
خطای آزمایشی Error	200	0.538		
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)	-	32.6		

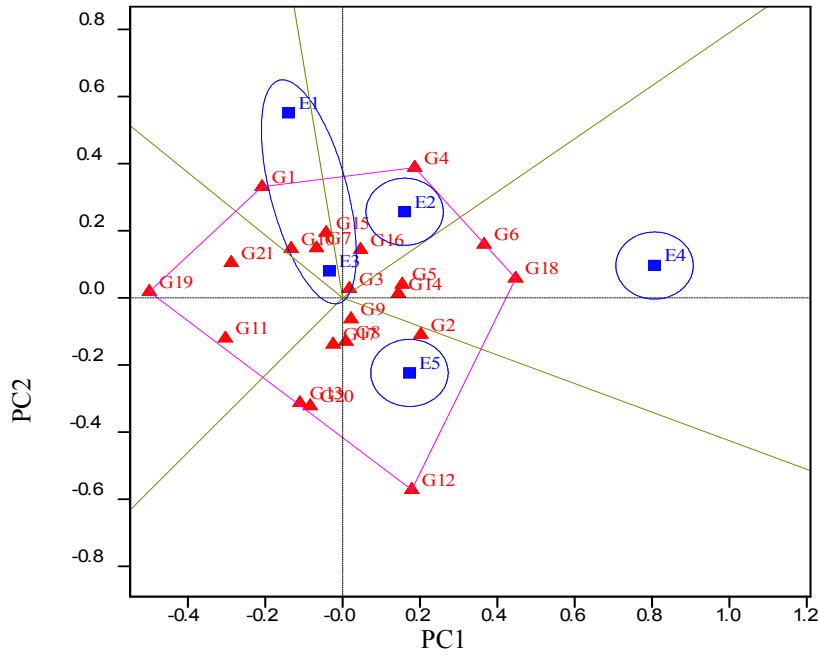
*, ** و ns به ترتیب معنی دار در سطح ۵٪، ۱٪ و غیر معنی دار

*, ** and ns : significant at levels: 5 %, 1 % probability and non significant respectively

جدول ۳- میانگین عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) ژنوتیپ‌های سویا در محیط‌های آزمایشی و میانگین کل

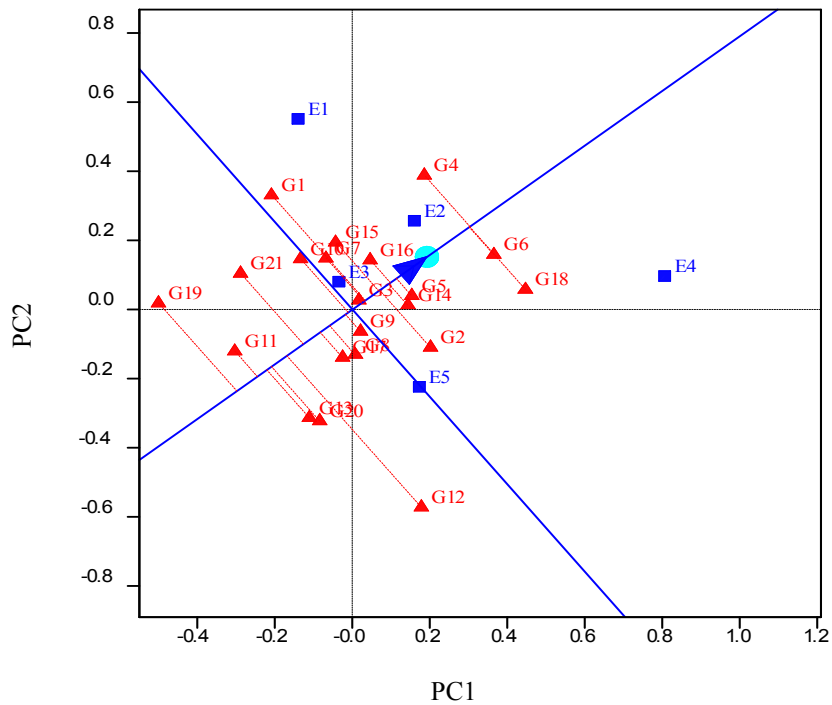
Table 3. Mean grain yield (kg/ha) of soybean genotypes in the experimental environments and total mean

شناسه Code	نسب‌واره Pedigree	کرج				مغان			خرم‌آباد		میانگین کل Total Mean
		1394 (E1)	Karai 1395 (E2)	1394 (E3)	Moghan 1395 (E4)	1394 (E3)	1394 (E3)	1394 (E3)			
G1	Katool × L1/ Williams	3209 ^a	4192 ^a	2848 ^{abc}	2581 ^{efgh}	3099 ^{cde}	3186 ^{abc}				
G2	Katool × L4/ Williams	1814 ^{ef}	3741 ^{abcde}	3001 ^{abc}	3919 ^{abcd}	3341 ^{bcd}	3163 ^{abc}				
G3	Katool × L5/ Williams	2366 ^{bcd}	3843 ^{abcd}	2893 ^{abc}	3285 ^{cde}	3402 ^{bcd}	3158 ^{abc}				
G4	Katool × L6/ Williams	3258 ^a	3963 ^{ab}	3073 ^{abc}	4092 ^{abc}	3227 ^{bcd}	3522 ^a				
G5	Katool × L10/ Williams	2109 ^{cdef}	4015 ^{ab}	2536 ^{bc}	3797 ^{bcd}	2954 ^{cde}	3082 ^{abc}				
G6	Katool × L12/ Williams	2648 ^{abcd}	3514 ^{abcdef}	3281 ^{abc}	4718 ^{ab}	3408 ^{bcd}	3514 ^a				
G7	Katool × L13/ Williams	2478 ^{bcd}	3901 ^{abc}	3644 ^{ab}	3103 ^{cde}	2956 ^{cde}	3216 ^{abc}				
G8	Katool × L17/ Williams	2103 ^{cdef}	3582 ^{abcdef}	2539 ^{bc}	3205 ^{cde}	3569 ^{bc}	3000 ^{abc}				
G9	Katool × L9/ RVB	2324 ^{bcd}	3040 ^{ef}	2792 ^{abc}	3499 ^{cde}	3161 ^{bcd}	2963 ^{abc}				
G10	Katool × L1/ Krasnodar	2993 ^{ab}	3103 ^{def}	3039 ^{abc}	3052 ^{cde}	3085 ^{cde}	3054 ^{abc}				
G11	Katool × L2/ Krasnodar	2326 ^{bcd}	2697 ^g	3113 ^{abc}	2424 ^{gh}	2892 ^{de}	2690 ^{bc}				
G12	Liana × L2/ L.33	1153 ^g	2887 ^{fg}	2864 ^{abc}	3669 ^{bcd}	4318 ^a	2978 ^{abc}				
G13	Liana × L3/ L.33	1563 ^{fg}	3150 ^{def}	2328 ^c	2865 ^{def}	2996 ^{cde}	2581 ^c				
G14	Liana × L4/ L.33	2323 ^{bcd}	3565 ^{abcde}	2700 ^{abc}	3829 ^{bcd}	3260 ^{bcd}	3135 ^{abc}				
G15	Spray × L13/ Kitamisharo	2841 ^{ab}	3387 ^{bcd}	3560 ^{ab}	3355 ^{cde}	2964 ^{cde}	3221 ^{abc}				
G16	Savoy × Spray L21/	2738 ^{abc}	3174 ^{cde}	3110 ^{abc}	3713 ^{bcd}	2875 ^{de}	3122 ^{abc}				
G17	Savoy × L23/ Spray	2032 ^{def}	2940 ^{fg}	2885 ^{abc}	3355 ^{cde}	2909 ^{de}	2824 ^{abc}				
G18	Savoy × L24/ Spray	2337 ^{bcd}	3481 ^{abcde}	3191 ^{abc}	4953 ^a	3492 ^{bcd}	3491 ^{ab}				
G19	Williams × L28/ Kras. 778	2867 ^{ab}	3022 ^{ef}	3276 ^{abc}	1660 ^h	3200 ^{bcd}	2805 ^{abc}				
G20	Williams × L3/ Hamilton	1632 ^{fg}	3131 ^{def}	3829 ^a	2883 ^{def}	3769 ^b	3049 ^{abc}				
G21	Williams	2757 ^{abc}	3087 ^{def}	2994 ^{abc}	2539 ^{gh}	2586 ^c	2793 ^{abc}				
میانگین ژنوتیپ Genotype Mean		2375	3401	3024	3357	3213	3074				



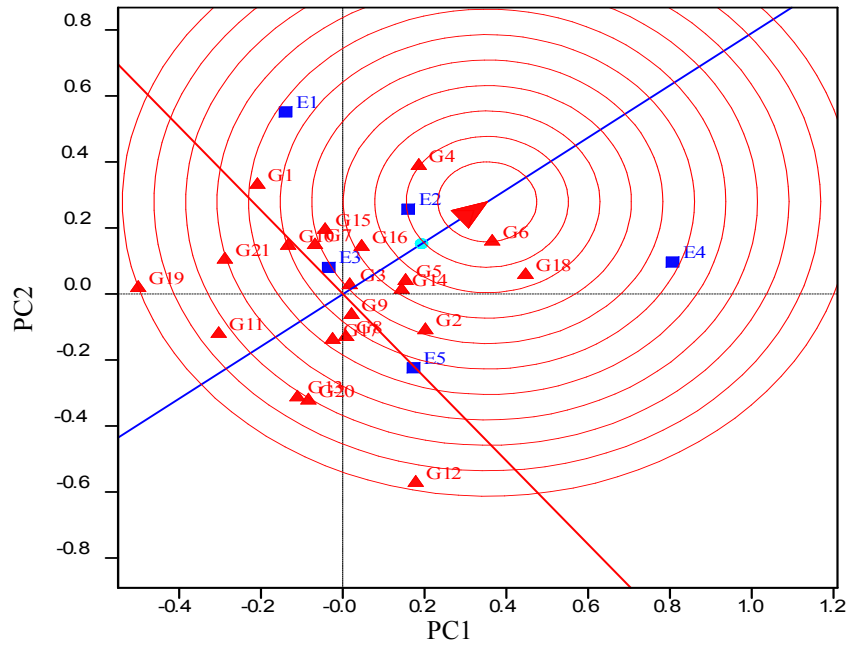
شکل ۱- نمای چندضلعی بای پلات GGE بر اساس عملکرد ژنوتیپ های سویا در محیط های آزمایشی (۷۵.۳٪ از واریانس G+GE توسط مولفه های PC1 و PC2 توجیه گردید)

Figure 1. GGE biplot polygon view based on the performance of soybean genotypes in the experimental environments (75.3 % of GGE variance was explained by PC1 and PC2 components)



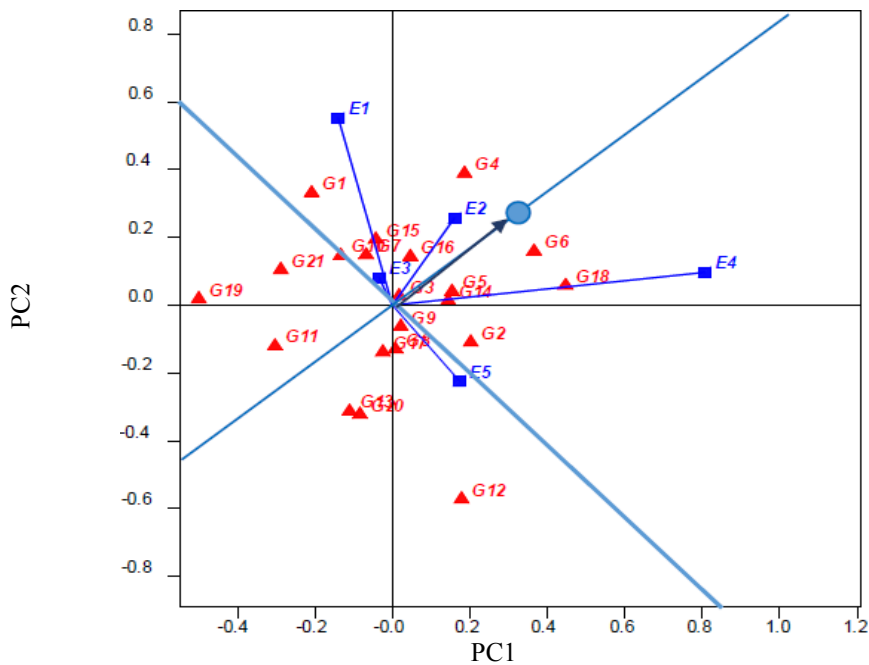
شکل ۲- مقایسه و رتبه بندی ژنوتیپ های سویا بر اساس عملکرد و پایداری در بای پلات مختصات محیط متوسط (AEC)

Figure 2. Comparison and ranking of soybean genotypes based on their performance and stability in average environment coordinate biplot (AEC)



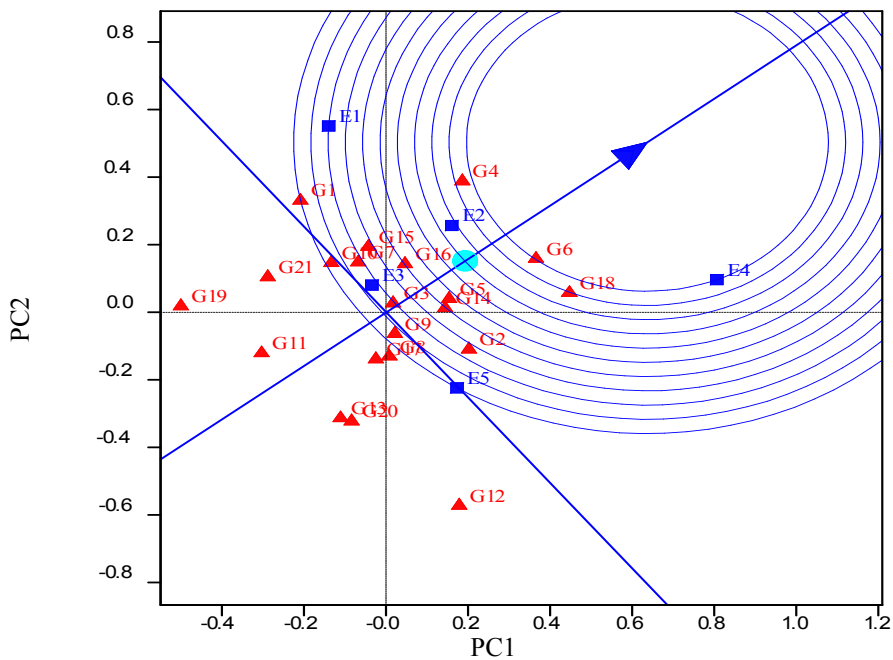
شکل ۳- مقایسه و رتبه‌بندی ژنوتیپ‌های سویا مبتنی بر عملکرد و پایداری در نمای بای پلات ژنوتیپ ایده‌آل

Figure 3. Comparison and ranking of soybean genotypes based on yield and stability in the view of ideal genotype biplot



شکل ۴- روابط متقابل میان محیط‌های آزمایشی در نمای برداری بای پلات GGE

Figure 4. Interactions among the experimental environments in the GGE Biplot vector view



شکل ۵- مقایسه و رتبه بندی محیط های آزمایشی مبتنی بر توانایی تمایز و نمایندگی در نمای بای پلات محیط ایده آل
Figure 5. Comparing and ranking of experimental environments based on discriminating ability and representativeness in the view of ideal environment biplot.

از حیث توان تمایز بین ژنوتیپ‌ها و نمایندگی منطقه هدف بود.

References:

- Akcura, M., Taner, S., and Kaya, Y. 2011. Evaluation of bread wheat genotypes under irrigated multi-environment conditions using GGE biplot analyses. *Agriculture Journal*, 98(1): 35-40.
- Amira, J. O., Ojo, D. K., Ariyo, O. A., and Ayo-Vaughan, M. A. 2013. Relative discriminating powers of GGE & AMMI models in the selection of Tropical Soybean genotypes. *African Crop Science Journal*, 21 (1): 67-73.
- Alake, C. O., and Ariyo, O. J. 2012. Comparative analysis of genotype \times environment interaction techniques in West African Okra. *Journal of Agricultural Science*, 4(4): 135-150.
- Atnaf, M., Kidane, S., Abadi, S., and Fisha, Z. 2013. GGE biplots to analyse soybean multi-environment yield trial data in north Western Ethiopia. *Journal of Plant Breeding & Crop Science*, 5(12): 245-254.
- Basford, K. E., and Cooper, M. 1998. Genotype by environment interactions & some considerations of their implication for wheat breeding in Australia. *Australian Journal of Agricultural Research*, 49:154–175.
- Bhartiya, A., Aditya, J. P., Pushpendra, K. S., Purwar, J. P., and Agarwal, A. 2017. AMMI & GGE biplot analysis of multi environment yield trial of soybean in North Western Himalayan state Uttarakhand of India. *Legume Research Journal*, 40(2): 306-312.
- Chaudhary, K. J., and Wu, J. 2012. Stability analysis for yeild & seed quality of soybean (*Glycine max*) across different environment in eastern South Dakota. Annual Conference on Applied Statistics in Agriculture [Online]. Available at <http://newprairiepress.org/agstatconference/2012/proceedings/11>
- Cochran, W. G. 1941. The distribution of the largest of a set of estimated variances as a fraction of their total. *Annals of Human Genetics*, 11(1): 47-52.
- Eberhart, S. A., and Russel, W. E. 1966. Stability parameters for comparing varieties. *Crop Science*, 6: 36-40.
- Finlay, K. W., and Wilkinson, G. N. 1963. The analysis of adaptation in a plant breeding program. *Australian Journal of Agricultural Research*, 14: 742 –754.
- Eskridge, K. M. 1996. Analysis of multi environment trial using the probability of outperforming a check. pp. 273 -307. In : M. S. Kang and Guach, J., (eds.) Genotype by Environment Interaction. CRC Press.

- London. UK.
- Gurmu, F., Mohammed, H., and Alemaw, G. 2009. Genotype x Environment interactions & stability of soybean for grain yield & nutrition quality. *African Crop Science Journal*, 17: 87- 99.
- Hartley, H. O. 1950. The maximum f-ratio as a short-cut test for heterogeneity of variance. *Biometrika*, 37: 308-312
- Kang, M. S. 1993. Simultaneous selection for yield & stability in crop performance trials. Consequences for growers. *Agronomy Journal*, 85: 754 -757.
- Pacheco, R. M., Duarte, J. B., Souza, P. I. M., Silva, S. A. and Nunes, J. 2009. Key locations for soybean genotype assessment in Central Brazil. *Pesquisa Agropecuaria Brasileira*, 44 (5): 478- 486.
- Payne, R.W., Harding, S. A., Murray, D. A., and Soutar, D. M. 2009. GenStat Release 12. Published by VSN International, 5 The Waterhouse, Street, Hemel Hempstead, Hertfordshire HP1 1ES, UK.
- Poordad, S. S., and Jamshid-Mogaddam, M., 2013. Study on genotype × environment interaction through GGE biplot for seed yield in spring rapeseed (*Brassica Napus* L.) in rain-fed condition. *Journal of Crop Breeding*, 12(5): 1-14 (in persian with english abstract).
- Silveira, D. A., Pricinotto, L. F., Nardino, M., Bahry, C. A., Cavenaghi Prete, C. E., and Cruz, L. 2016. Determination of the adaptability & stability of soybean cultivars in different locations & at different sowing times in Parana state using the AMMI & Eberhart & Russel methods [Online]. Available at <https://www.researchgate.net/publication/311849977>
- Yan, W. 1993. The interconnectedness among the traits of wheat & its implication in breeding for higher yield. *Cereal Crops*, 1993 (1): 43 - 45.
- Yan, W. 2000. Singular-value partitioning in biplot analysis of multi-environment trial data. *Agronomy Journal*, 94: 990 - 996.
- Yan, W., and Rajcan, I. 2002. Biplot analysis of sites & trait relations of soybean in Ontario. *Crop Science*, 42: 11-20.
- Yan, W. and Kang, M. S. 2003. GGE biplot analysis: A graphical tool for breeders, Geneticists & agronomists. CRC Press. London. UK.
- Yan, W., Kang, M. S., Ma, B., Woods, S., and Cornelius, P. L. 2007. GGE biplot vs. AMMI analysis of genotype by environment data. *Crop Science*, 47: 643 - 655.
- Yates, F., and Cochran, W. G. 1956. The analysis of experiments. *Journal of Agronomic Science*, 14: 742 -754.

Study on grain yield stability of soybean genotypes [*Glycine max* (L.) Merrill] through GGE biplot analysis

Hamidreza Babaei^{1*}, Nasrin Razmi², Hossein Sabzi³

1. 1- Research Assistant of Professor of Horticulture Crops Research Department, Khorasan Razavi Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Mashhad, Iran . (Corresponding author)
2. 2- Research Assistant of Professor of Horticulture Crops Research Department of Center of Agricultural Research and Natural Resources Ardabil Province (Parsabad Moghan), Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Parsabad Moghan, Iran
3. Research Expert of Center of Agricultural Research and Natural Resources Lorestan Province . Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Khoramabad Iran

Received: December 2019 Accepted: June 2021- DOI: 10.22092/aj.2021.128787.1448

Extended Abstract

Babaei, H. R., Razmi, N., Sabzi, H., Study on grain yield stability of soybean genotypes [*Glycine max* (L.) Merrill] through GGE biplot analysis.
Applied Research in Field Crops Vol 34, No. 1, 2021 7-9: 39-54(in Persian)

Introduction:

The main objective of the majority of soybean breeding programs is to select desirable genotypes with high yield and stability. Genotype × environment interactions for quantitative traits such as grain yield cause genotypes not to produce similar relative yields in different environments. In many statistical methods that are used to determine yield stability and adaptability of cultivars, some basic assumptions of stability analysis such as nonlinear response of genotype and environment and dependence of environmental index on mean of genotypes are not true (Basford & Cooper, 1998). Using multivariate methods such as principal components and GGE biplot method, makes it possible to analyze genotype × environment interactions and estimate their component values estimated (Pacheco *et al.*, 2009). Many breeders believe that the selection of genotypes based on G or GE alone is not sufficient, and it is advisable to study these two effects together using method such as GGE biplot. The aim of this study was to evaluate the grain yield and adaptability and stability of 20 soybean pure lines in three soybean cultivation regions and also to select the best purline as a new crop cultivar across the regions.

Email address of the corresponding author: 30241hrbabaei@gmail.com

Material & Methods:

In order to evaluate the grain yield and stability of 20 soybean pure lines along with Williams control (20 genotypes) during two years (2014-2015) in three regions: Karaj (1321m altitude, 35.5 N & 51.1 E), Moghan ((45 m altitude, 39.3 N & 47.2 E), Khorramabad (1155 m altitude, 33.3 N & 48.2 E), field operations and necessary fertilization were carried out uniformly in all three regions. A randomized complete block design with 3 replications was used at the experimental locations. Each block consisted of 21 plots and each plot consisted of 4 rows of 4 m long at 60 cm apart. Simple and combined analysis of variance on grain yield was performed to estimate the main effects of genotype, environment and genotype \times environment interaction. The adaptability and stability of grain yield of the genotypes was determined via GGE Biplot analysis methods using Genstate Ver.12 Software (Payne *et al.*, 2009).

Results & Discussion:

The combined analysis of variance showed significant effects of environment, genotype, genotype \times environment interaction, at 1% probability level ($p \leq 0.01$). The first and second major components (PCA1 & PCA2) of GGE biplot analysis accounted for 47% & 28% of the variance of genotype \times environment and genotype (G \times E + G) interaction, respectively. Based on GGE biplot criterion G6 (L12/Williams \times Katool) genotype with a yield of 3514 kg/ha had shortest distance from ideal genotype and was selected as the most desirable genotype which was followed by G4 (L12/Williams \times Katool) with a yield of 3522 kg/ha, which was ranked second in terms of desirability. In this study, one mega environment consisting of two environments E1 (Karaj 1394) and E3 (Moghan 2015) was identified. Also E4 environment (Moghan 2016) was the nearest to the ideal environment and was recognized as the most effective environment in terms of discriminating ability and representativeness, which was followed by E2 (Karaj 1395), E1 (Karaj 1394), E3 (Moghan 1394) and E5 (Khorramabad 1394) environments, respectively.

Conclusion:

The first and second major components (PCA1 & PCA2) of GGE biplot analysis accounted for 47% and 28% of the variance of genotype \times environment and genotype (G \times E + G) interaction, respectively. G6 genotype (L12/Williams \times Katool) with a yield of 3514 kg/ha was identified as the most desirable genotype. G4 (L12/Williams \times Katool) with a yield of 3522 kg/ha was ranked second in terms of desirability. In this study one mega environment consisting of two environments E1(Karaj 1394) and E3 (Moghan 2015) was identified. Also E4 (Moghan 2016) was recognized as the most desirable environment in terms of discriminating

ability and representativeness.

Keywords:

Desirable environment, desirable genotype, genotype x environment interaction, ideal genotype and mega environment

References:

- Basford, K. E., and Cooper, M. 1998. Genotype by environment interactions & some considerations of their implication for wheat breeding in Australia. *Australian Journal of Agricultural Research*, 49: 154–175.
- Pacheco, R. M., Duarte, J. B., Souza, P. I. M., Silva, S. A., and Nunes, J. 2009. Key locations for soybean genotype assessment in Central Brazil. *Pesquisa Agropecuaria Brasileira*, 44 (5): 478 - 486.
- Payne, R. W., Harding, S. A. Murray, D. A., and Soutar, D. M. 2009. GenStat Release 12. Published by VSN International, 5 The Waterhouse, Waterhouse Street, Hemel Hempstead, Hertfordshire HP1 1ES, UK